

**О. А. Сачкова**

*Казанский (Приволжский) федеральный университет,  
sachkova.olga@mail.ru*

**ПРОГРАММНЫЕ ПРОЦЕДУРЫ  
АВТОМАТИЗИРОВАННОГО РЕШЕНИЯ  
ОБЫКНОВЕННЫХ НЕЛИНЕЙНЫХ  
ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ  
И ОСНАЩЕННОЙ ДИНАМИЧЕСКОЙ  
ВИЗУАЛИЗАЦИИ ИХ РЕШЕНИЙ**

СКМ Maple позволяет находить аналитическое решение линейных обыкновенных дифференциальных уравнений (ОДУ) [1]. Однако для нелинейных ОДУ аналитическое решение чаще всего найти невозможно. В таких случаях необходимо использовать численный метод решения. По умолчанию в СКМ Maple используется метод решения дифференциальных уравнений Рунге-Кутты-Фелберга 4-5 порядков, представленный в виде специальной процедуры `rkf45`. При этом решение нелинейных ОДУ достигается применением стандартной команды `dsolve` с параметром `numeric (type=numeric)`.

Заданный формат вывода решений не позволяет непосредственно использовать полученные решения для их анализа и построения графиков. Для вывода решения в удобной для использования форме необходимо создать компьютерную модель, которая позволяет представить полученное решение в списочном формате векторной функции заданного аргумента.

Для компьютерных моделей, описываемых нелинейными ОДУ, необходимо создать программные процедуры оснащенной динамической визуализации [2]. Для повышения наглядности таких компьютерных моделей нелинейных ОДУ можно ис-

пользовать динамическую визуализацию в формате динамической гистограммы и динамической цветовой визуализации [3].

В случае цветовой визуализации решение оценивается цветом и каждому цвету (или освещенности) сопоставляется значение функции. При этом цвет задается периодическими функциями:

$$\mathbf{rd} = \cos(hh(i) * Pi/2)^2; \quad (1)$$

$$\mathbf{gd} = \sin(hh(i) * Pi)^2; \quad (2)$$

$$\mathbf{bd} = \sin(hh(i) * Pi)^2. \quad (3)$$

В данных формулах **rd** задает все оттенки красного, **gd** - все оттенки зеленого, а **bd** - все оттенки синего цвета. В этом случае цвет задается законом RGB и подбирается по тональности.

Программная процедура `DsolveCoushNum(Eq, InCon, y, x, a, N)` достаточно наглядно иллюстрирует решение нелинейного ОДУ. Для большей наглядности решения нелинейного ОДУ в форме гистограммы реализовано в сочетании с анимацией цветом. Вывод решения нелинейного ОДУ в виде динамической визуализации в формате динамической гистограммы и динамической цветовой визуализации представлен на рис. 1.

При такой визуализации оттенкам серых цветов соответствуют меньшие значения функции, а оттенкам темных цветов большие значения.

Таким образом, различные способы динамической визуализации с помощью системы компьютерной математики Maple позволяют наглядно представить решения нелинейных ОДУ.

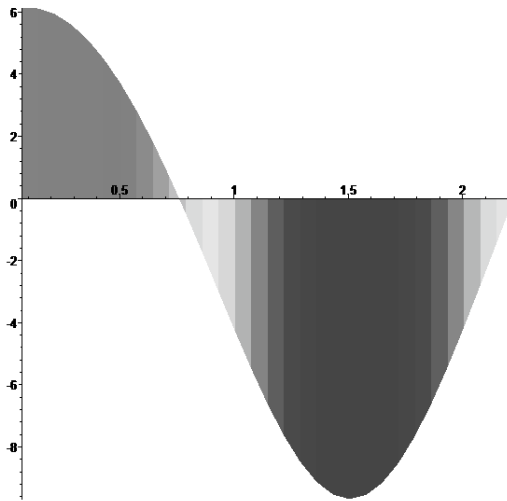


Рис. 1. Вывод решения нелинейного ОДУ в виде динамической визуализации в формате динамической гистограммы и динамической цветовой визуализации.

## Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Сачкова О. А. *Программные процедуры оснащенной динамической визуализации автоматизированного решения систем обыкновенных линейных дифференциальных уравнений* // Тр. матем. центра им. Н.И. Лобачевского. – Казань: Изд-во Казанск. гос. ун-та, 2011. – Т. 44. – С. 263.

2. Сачкова О. А. *Динамические модели дифференциальных уравнений в учебном процессе* // Системы компьютерной математики и их приложения: Мат. XIII межд. науч. конф. – Смоленск: Изд-во СмолГУ, 2012. – Вып. 12. – С. 47–49.

3. Сачкова О. А. *Методическое обеспечение темы “Дифференциальные уравнения” на основе технологии оснащенной динамической визуализации решений обыкновенных дифференциальных уравнений в системе компьютерной математики*

*Maple* // Информационные технологии в образовании и науке. Мат. междун. науч.-прак. конф. ИТОН-2012 8-12 октября. – Казань: Изд-во КФУ, 2012. – С. 159–161.

**С. Н. Сидоров**

*Стерлитамакский филиал Башкирского  
государственного университета,  
stsid@mail.ru*

## ОБРАТНАЯ ЗАДАЧА ДЛЯ ВЫРОЖДАЮЩЕГОСЯ ПАРАБОЛО-ГИПЕРБОЛИЧЕСКОГО УРАВНЕНИЯ

Рассмотрим уравнение смешанного парабола-гиперболического типа

$$Lu \equiv \begin{cases} u_t - u_{xx} + b^2 u = f(x), & t > 0, \\ (-t)^m u_{xx} - u_{tt} - b^2 (-t)^m u = f(x), & t < 0, \end{cases} \quad (1)$$

в прямоугольной области  $D = \{(x, t) | 0 < x < 1, -\alpha < t < \beta\}$ , где  $m > 0$ ,  $b > 0$ ,  $\alpha > 0$ ,  $\beta > 0$  – заданные действительные числа.

**Задача.** Найти в области  $D$  функции  $u(x, t)$  и  $f(x)$ , удовлетворяющие условиям:

$$u(x, t) \in C^1(\overline{D}) \cap C^2(D_-) \cap C_x^2(D_+), \quad (2)$$

$$f(x) \in C(0, 1) \cap L_2[0, 1], \quad (3)$$

$$Lu(x, t) \equiv f(x), \quad (x, t) \in D_- \cup D_+, \quad (4)$$

$$u(0, t) = u(1, t) = 0, \quad -\alpha \leq t \leq \beta, \quad (5)$$

$$u(x, -\alpha) = \varphi(x), \quad u(x, \beta) = \psi(x), \quad 0 \leq x \leq 1, \quad (6)$$